

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE



In re U.S. Patent Application of)
AOKI et al.)
Application Number: 10/083,617)
Filed: February 27, 2002)
For: OPTICAL TRANSMITTER, OPTICAL RECEIVER,)
AND MANUFACTURING METHOD OF OPTICAL)
DEVICE)

#2

Honorable Assistant Commissioner
for Patents
Washington, D.C. 20231

RECEIVED
MAR 28 2002
TC 2800 MAIL ROOM

**REQUEST FOR PRIORITY
UNDER 35 U.S.C. § 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Sir:

In the matter of the above-captioned application for a United States patent, notice is hereby given that the Applicant claims the priority date of December 10, 2001, the filing date of the corresponding Japanese patent application 2001-375318

The certified copy of corresponding Japanese patent application 2001-375318 is being submitted herewith. Acknowledgment of receipt of the certified copy is respectfully requested in due course.

Respectfully submitted,

Stanley P. Fisher
Registration Number 24,344

JUAN CARLOS A. MARQUEZ
Registration No. 34,072

REED SMITH LLP
3110 Fairview Park Drive
Suite 1400
Falls Church, Virginia 22042
(703) 641-4200
March 27, 2002



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年12月10日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-375318

[ST.10/C]:

[JP2001-375318]

出 願 人

Applicant(s):

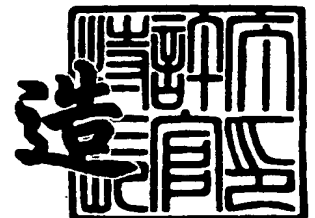
株式会社日立製作所

RECEIVED
MAR 28 2002
TC 2800 MAIL ROOM

2002年 2月26日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3011028

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT01P1025

【提出日】 平成13年12月10日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 12/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 青木 雅博

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 重田 淳二

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094352

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 孝

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光送信装置、光受信装置、及び光装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体レーザ光源と、前記半導体レーザ光源の出力光を変調する進行波型光変調器とを少なくとも有し、

前記進行波型光変調器は、前記半導体レーザ光源の出力光を変調可能な第 1 の基板に配置された半導体外部変調器と、前記第 1 の基板とは別体の第 2 の基板に配置された高周波線路とを有し、且つ、前記半導体外部変調器が有する当該半導体外部変調器用制御電極と前記高周波線路とが電氣的に接続された進行波型光変調器であることを特徴とする光送信装置。

【請求項 2】 前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とが、前記第 1 の基板に配置された半導体外部変調器の能動層側と前記第 2 の基板に配置された高周波線路側とを対向して固着がなされたことを特徴とする請求項 1 に記載の光送信装置。

【請求項 3】 前記半導体外部変調器が所定間隔で周期的に配置された複数の能動部を有し、且つ、前記複数の能動部の各々が有する各制御電極と前記高周波線路とが電氣的に接続された進行波型光変調器であることを特徴とする請求項 1 に記載の光送信装置。

【請求項 4】 前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とが、前記第 1 の基板に配置された半導体外部変調器の能動層側と前記第 2 の基板に配置された高周波線路側とを対向して固着がなされたことを特徴とする請求項 3 に記載の光送信装置。

【請求項 5】 前記半導体レーザ光源と前記半導体外部変調器とがモノリシックに集積化されてなることを特徴とする請求項 2 に記載の光送信装置。

【請求項 6】 前記半導体レーザ光源と前記半導体外部変調器とがモノリシックに集積化されてなることを特徴とする請求項 3 に記載の光送信装置。

【請求項 7】 前記半導体レーザ光源と前記半導体外部変調器とがハイブリッドに集積化されてなることを特徴とする請求項 2 に記載の光送信装置。

【請求項 8】 前記半導体レーザ光源と前記半導体外部変調器とがハイブリッドに集積化されてなることを特徴とする請求項 3 に記載の光送信装置。

【請求項 9】 前記第 1 の基板が化合物半導体で構成され、前記第 2 の基板がシ

リコン、窒素アルミニウム、窒素ボロン、酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ベリリウム、炭化シリコン、ダイヤモンドの群から選ばれた一者で構成されることを特徴とする請求項 2 に記載の光送信装置。

【請求項 1 0】 前記第 2 の基板に前記半導体外部変調器の駆動回路が形成され、且つこの駆動回路が前記高周波線路に電氣的に接続されることを特徴とする請求項 2 に記載の光送信装置。

【請求項 1 1】 前記第 2 の基板に前記半導体外部変調器の駆動回路が形成され、且つこの駆動回路が進行波型出力形態であり、前記駆動回路の進行波型出力が前記高周波線路に電氣的に接続されることを特徴とする請求項 3 に記載の光送信装置。

【請求項 1 2】 第 3 の基板に配置された光受光部と、前記第 1 の半導体基板とは別体の第 4 の基板に配置された高周波線路とを有し、且つ、前記光受光部が有する当該光受光部の電気出力を検出するための電極と前記高周波線路とが電氣的に接続された進行波型光変調器を有し、前記第 3 の基板と前記第 4 の基板とが、前記第 3 の基板に配置された光受光部の能動層を有する側と前記第 4 の基板に配置された高周波線路側とを対向して固着がなされた光受信部を更に有することを特徴とする請求項 2 に記載の光送信装置。

【請求項 1 3】 第 1 の基板に配置された少なくとも光受光部と、前記第 1 の半導体基板とは別体の第 2 の基板に配置された高周波線路とを有し、且つ、前記光受光部が有する当該光受光部の電気出力を検出するための電極と前記高周波線路とが電氣的に接続された進行波型光変調器を有することを特徴とする光受信装置。

【請求項 1 4】 前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とが、前記第 1 の基板に配置された光受光部の能動層側と前記第 2 の基板の高周波線路側とを対向して固着がなされたことを特徴とする請求項 1 3 に記載の光受信装置。

【請求項 1 5】 前記光受光部は所定間隔で周期的に配置された複数個の受光領域を有し、且つ前記複数個の受光領域の各々が有する各光受光部の電気出力を検出するための電極とが電氣的に接続された進行波型光変調器を有することを特徴とした請求項 1 4 に記載の光受信装置。

【請求項 1 6】 前記第 2 の基板に前段増幅回路が配置され、前記前段増幅回路の入力部が前記高周波線路に電氣的に接続されたことを特徴とする請求項 1 4 に記載の光受信装置。

【請求項 1 7】 前記第 2 の基板に前段増幅回路が配置され、且つこの前段増幅回路が進行波型入力形態であり、前記前段増幅回路の入力部が高周波線路に電氣的に接続されたことを特徴とする請求項 1 5 に記載の光受信装置。

【請求項 1 8】 前記第 1 の基板と前記第 3 の基板とが共通の基板であり、前記第 2 の基板が前記第 4 の基板とが共通の基板であることを特徴とする請求項 1 7 に記載の光送信装置。

【請求項 1 9】 半導体光素子のウェハープロセス完了後、前記半導体光素子の付加容量値を測定し、その値に基づいて最も適当な特性インピーダンス値をもつ高周波線路が形成された高周波実装基板を選択もしくは製造を行い、しかる後、前記半導体光素子と前記高周波実装基板とを所望に電氣的に接続させる工程を含むことを特徴とする光装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は光伝送装置に関するものである。特に、本発明は、半導体レーザの出力光を外部変調する光学素子、又はこの光学素子の出力を伝送光ファイバに結合する出力部をもつ光伝送装置又は半導体光検出装置の新規な構造に関するものである。本発明は、特に毎秒 1 0 ギガビット以上の高速光通信システムに適した光送受信装置として有用である。

【0 0 0 2】

【従来技術】

光通信に用いられる、光変調器や光検出器は素子構造によって大きく、面入射型、導波路型、進行波型等に分類される。この内、面入射型及び導波路型は素子ではいわゆる C R 時定数（素子容量 C、素子抵抗 R）による動作速度の制限があり高速化を実現するためには素子面積を低減するなどして C を低減する必要がある。

【 0 0 0 3 】

一方、進行波型素子は導波路型の改良版である。光導波路近傍に形成された電極は伝送路として取り扱われ、高周波電気信号は電極上を進行波の形で伝搬する。ここで、光波の進行速度 v_{opt} と高周波電気信号の伝搬速度 v_{ele} とをできる限り一致させることでCR時定数に依存しない高速動作を実現することが可能となる。一般に、進行波型素子の導波路材料としては、主に光変調器用途のニオブ酸リチウムや光変調器や光検出器用途のInP系、GaAs系などの化合物半導体が検討されている。この内、化合物半導体を用いた進行波素子に関しては主に電気信号と光信号との間の屈折率（比誘電率）の差が大きいため、一般には $v_{opt} = v_{ele}$ とすることは困難である。化合物半導体を用いれば光源等他の光部品とモノリシック集積化やこれに伴う素子の小型化が実現できる可能性が高い。化合物半導体を用いた進行波素子における前述の光・電気信号速度のミスマッチを解決する目的でいくつかの手法が考案されている。

【 0 0 0 4 】

従来 of 改善手法の一つでは、半導体基板上に作製した光導波路の上部又はその極近傍に進行波型電極を一体形成し、特に進行波型電極の形状を適正化することにより高周波特性を改善した例が報告されている。本構成では、半導体構造の最適設計と進行波型電極の最適設計を同一素子内で行う必要がある。又、特に光波の進行方向の導波路長が1000 μm 程度以上と長くなった場合には、高周波電気信号の進行に伴う強度減衰を改善するために、例えば4 μm ～10 μm 程度の非常に厚い金属電極を半導体素子上に作り込む必要がある。この電極は通常の半導体光素子の電極に比べ約1桁厚いものであり、通常の光半導体素子と進行波電極との構造ミスマッチが顕著となっている。

【 0 0 0 5 】

又、別の改善手法では、導波路上部の電極を周期分割することにより、電磁波、光波の位相整合を改善することが提案されている。本手法では、擬似位相整合は達成されるが、素子寸法が大きいことに加え、素子作製プロセスが非常に複雑である。

【 0 0 0 6 】

以上のような背景から、現状では半導体を用いた進行波型光素子は広く実用には至っていないのが現状である。

【 0 0 0 7 】

尚、これら従来型の半導体進行波型電極光素子を記載した文献としてアイイーエレクトロニクスレタース、第 1 8 号、第 3 3 冊、頁 1 5 8 0、1 9 9 7 年 8 月 2 8 日やインジウム燐国際会議論文番号 W e A 1 - 3 予稿集頁 3 8 5、1 9 9 8 年が挙げられる。

【 0 0 0 8 】

一方、本発明に関連する新たな文献として特開平 6 - 1 6 0 7 8 8 号公報が挙げられる。本公報では、駆動電圧が低く、且つ光挿入損失の小さなニオブ酸リチウム光変調器を実現する目的で、高周波電気信号の伝搬損失を低減する目的で酸化物超伝導電極を導入することが提案されている。しかし、現状では酸化物超伝導電極材料の安定な室温動作が実現されておらず本方式は実用に至っていない。

【 0 0 0 9 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の主な目的は、高速光通信システムに適した、構造が簡単で、経済的な光送受装置を実現することである。更には、特に半導体レーザ等他の光部品とのモノリシック集積に適した化合物半導体を用いた進行波型素子の動作速度の向上を容易な手法で実現することが課題である。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

本発明の骨子は、次の通りである。即ち、本送信装置、光受信装置、或いは光送受信装置は、高周波電気線路を有する高周波実装基板と予め高周波設計を施した半導体光素子とを別個に作製し、半田材料等の接着手段を介して上記実装基板と上記半導体光素子の駆動電極を接着実装した。この場合、両者の接続は、通例、能動素子の有する、結晶成長用基板に対して能動層側を、実装基板側にして実装する、いわゆるジャンクションダウン実装と称されている方法を用いるのが好適である。こうして、実装基板上の高周波電気線路が等価的に半導体光素子の進行波型電極となる構成とした。

【 0 0 1 1 】

又、上記実装基板には高周波半導体光素子の他、半導体レーザ等の光源や高周波半導体光素子を電氣的に駆動及び制御するための電子素子もジャンクションダウン実装する構成とすることも可能である。

【 0 0 1 2 】

上記実装基板は、窒素アルミニウム、窒素ボロン、酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ベリリウム、炭化シリコン、ダイヤモンド等の誘電体、シリコンのいずれもよい。上記半導体光素子は導波路型が好ましい。

【 0 0 1 3 】

本発明では、高周波電気線路を有する高周波実装基板と予め高周波設計を施した半導体光素子とを個別に最適設計及び作製することができる。又、基板材料の異なる光及び電子素子の特性を損なうことなく、これらをハイブリッド集積化することを可能とする。

【 0 0 1 4 】

本発明は特に、高速の外部光変調器やこれを用いた光送信機や、高速受光素子、光受信機の好適な構造及び作製手法を提供している。

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】

<実施の形態 1>

図 1 (a) ~ (c) は本発明による光送信装置主要部の構成を示す斜視図である。具体的には、波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯で動作する半導体光変調器の構造および作製手法の概要を示したものである。図に示すように、光送信装置主要部は、高周波線路を形成した高周波実装基板 [同図 (a)] 上に半導体光素子 [同図 (b)] をジャンクションダウン実装することにより形成される [同図 (c)]。

【 0 0 1 6 】

図 1 (a) に示す高周波基板は窒化アルミニウム材料からなる誘電体基板 101 上に高周波線路 102、抵抗値 50Ω の終端薄膜抵抗 103、接地用ビアホール 104、一対の接地ライン 107 がそれぞれ形成された構造である。高周波線路 102 は、Ti、Mo、Ni、Au の多層薄膜で形成され、その総厚は $5 \mu\text{m}$ である。接地ライン 107 上には

、後に図 1 (b) の光素子を実装・固着する際に用いる金錫半田106が形成されている。又、高周波線路102の中央部には、後述の光素子の分割電極に給電するための金錫半田105が、 $\Lambda = 500 \mu\text{m}$ の間隔で周期的に形成されている。電極分割は片側で5ヶとした。尚、符号108は光素子の実装時に用いる位置決め用インデクスマーカである。高周波線路102は大きく分けて、電気入力部122、光素子搭載部123、終端部121からなる。各部位の特性インピーダンスは、 50Ω 、 76Ω 、 50Ω になるよう設計、製作した。この特性インピーダンス値はほぼ線路パターンの形状、寸法で定まる。そして、これらは、平坦な窒化アルミニウム板上では通常のフォトリソグラフ法をもちいたプロセスでほぼ正確に設計、製作することができる。光素子搭載部123の特性インピーダンスが高い値に設定している理由は、後に光素子を搭載した場合のインピーダンス整合を考慮したためであり、後に詳述する。

【 0 0 1 7 】

図 1 (b) に示す光素子は、半絶縁性GaAs201基板上に形成された干渉型光変調器である。ここでは、半絶縁性GaAs基板上の光変調器を一例として記述するが、基板としては、例えば半絶縁性のInP基板を用いても良い。本実施の形態では、光導波路の断面(図 1 (c) の輪切り部)は図 2 上部に示すような、いわゆるリブ装荷型となっている。尚、図 2 は後述するジャンクションダウン実装後の説明図であるため、光素子は、当該光素子を構成する層の結晶成長の順序とは、上下逆さまに描かれている。図 2 において符号401は半絶縁性GaAs基板、402、404は $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ クラッド層、403はGaAsコア層、405はリブ導波路部である。図 1 (b) において、符号202は光分波器、204は一对の光素子側接地線路、205は位置決め用インデクスマーカである。光干渉導波路上部には、 $a = 300 \mu\text{m}$ 長の変調器分割電極203が、 $\Lambda = 500 \mu\text{m}$ の間隔で周期的に形成されている。実装基板に対応し、電極分割数は5である。尚、個別要素自体としての光変調器などは通例の構成で充分である。従って、その詳細説明は省略する。

【 0 0 1 8 】

図 1 (c) は上記高周波実装基板上に、上記光変調素子をジャンクションダウン実装することにより、進行波型電極を有する光送信装置の主要部を形成した構

造を表す。高周波実装基板、光素子両者は、電極を有する各々の表面を突き合わせる。そして、赤外線透過を用いた画像認識技術を用いて両者のインデクスマーカが互いに重なるように実装する。こうして、上記光変調素子の分割電極203が、高周波実装基板上の高周波線路102上に、金錫半田105を介して固着される。ここで、光変調素子の接着強度と接地強化の目的から接地ライン107上の金錫半田106が同時に用いられる。この結果、高周波線路102上に周期的に容量成分を有する変調器構造が配置されたいわゆるキャパシティブローデッド構造が形成できる。符号301は当該光送信装置への入射光、符号302は当該光送信装置よりの射出される変調光、符号303は高周波信号源を示す。

【0019】

続いて、キャパシティブローデッド構造のインピーダンスマッチングに関して詳述する。

【0020】

一般に、本高周波実装基板における高周波線路のようなコプレーナ型電極に周期的に容量が付加された場合の高周波位相速度 v_{ele} および特性インピーダンス Z は次式で与えられる。

【0021】

【数1】

$$v_{ele} = \frac{1}{\sqrt{(C_{cp} + C_{ad}/\Lambda)L_{cp}}}, \quad Z = \sqrt{\frac{L_{cp}}{C_{cp} + C_{ad}/\Lambda}}$$

ここで C_{cp} 、 L_{cp} はそれぞれコプレーナ型電極の単位長さ当りの容量、インダクタンスであり、それぞれ 90.9 pF/m 、 538 nH/m に設計、製作された。 C_{ad} は半導体外部変調器の付加容量値であり、これは半導体ウエハの製造ばらつきで正確に製造することが難しいが本実施例において試作したウエハを容量計で測定したところ $61.8 \text{ fF} \pm 5 \text{ fF}$ と測定された。 Λ は配置周期であり $500 \mu\text{m}$ とした。上記計算式より、 $v_{ele} = 9.31 \times 10^7 \text{ m/s}$ が得られ、半導体導波路の有効屈折率 $n_{eff} = 3.3$ を用いて計算される $v_{opt} = c/n$

$$e f f = 9.20 \times 10^7 \text{ m/s}$$

にほぼ合致した値となった。但し、 C_0 は光速である。この値から計算される、本素子の理論変調帯域は716GHzと算出された。又、 $Z = 49.5 \Omega$ となり、 50Ω 整合系に適した値を得ることができた。半導体外部変調器の付加容量 C_{ad} は製造ばらつきがあり製造ロットにより $\pm 15 \text{ fF}$ 程度のばらつきがある。もし62fFといちじるしく異なる値に製造された場合は素子搭載部の特性インピーダンスが76 Ω と異なる値に設計、製作された高周波実装基板を選択してもちいれればよい。

【0022】

上記の特性をもつ高周波基板と半導体外部変調器を組み合わせることで完成した光変調器に波長1.55 μm の入射光301を導きながら、高周波信号303を高周波線路202に印加することにより、変調速度毎秒40ギガビット、駆動電圧 $4V_{pp}$ で動作可能な光送信装置を実現することができた。本実施の形態では、動作光波長と対応するバンドギャップエネルギー差が大きなGaAsを用いているため、駆動電圧は $4V_{pp}$ と高い値であるが、InP基板上に形成する多重量子井戸構造を変調器活性層に適用し量子閉じ込めシュタルク効果を用いることにより、 $2V_{pp}$ 程度まで低減可能であることを付記する。以上、光素子と高周波基板とを独立に設計、作製した後、両者をジャンクションダウン実装することにより、容易な手法で高性能な進行波型光素子を実現できる一例を示した。

【0023】

本手法の特長を以下に列挙する。

- (1) 光素子と高周波線路とを各々個別に最適設計可能。
- (2) 個別作製による作製歩留まりが向上。
- (3) 従来の一体型では電極ストレスの観点で困難であった、高周波線路の電極の厚膜化が可能であり、線路の低損失化に有利。
- (4) 素子作製工程が個別部品の作製、それらの収集・実装に分かれるため、従来無かった新規な製造業種が可能。

【0024】

以下、本特長を生かしたさらなる実施の形態に関し説明する。

<実施の形態2>

図 3 (a) ~ (c) は本発明による新たな光送信装置の構成を示す上面図である。具体的には、実施の形態 1 に記述した波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯で動作する導波路型光変調器に光源となる半導体レーザがモノリシック集積された場合の送信装置の構造および作製手法およびを示したものである。実施の形態 1 と同様に、光送信装置は、高周波実装基板 [同図 (a)] 上に光素子 [同図 (b)] をジャンクションダウン実装することにより形成される [同図 (c)]。

【 0 0 2 5 】

図 3 (a) に示す上記高周波実装基板の構造は、新たに半導体レーザ部が搭載される個所が追加されたこと以外は実施の形態 1 と同様である。更に、本例では、実施の形態 1 の形態に対し、レーザ駆動電極端子 509 が加えられている。尚、図 3 の (a) において、符号 501 は誘電体基板、502 は高周波線路、503 は終端薄膜抵抗、504 は金錫半田、505 は接地ライン、506 は接地用ビアホール、507 は金錫半田、510 は位置決め用インデクスマーカ、511 は金錫半田を示す。

【 0 0 2 6 】

図 3 (b) に示す集積型光源は、半絶縁 InP 基板 550 上に形成されており、半導体レーザ部 551 は回折格子 553 を内蔵した動作波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯の InGaAsP 材料の多重量子井戸分布帰還型レーザ部である。一方、導波路型光変調器 552 は、InGaAlAs 材料の多重量子井戸構造を有する光干渉型光変調器部である。上記半導体レーザ部 551 は、p 型電極 554 と n 型電極 555 を有する。上記光変調器部 552 は、図 3 (b) において実施の形態 1 の場合と同様、561 は光分波器、563 は光素子側接地線路、564 は位置決め用インデクスマーカである。光干渉導波路上部には、 $300 \mu\text{m}$ 長の光変調器分割電極 562 が $500 \mu\text{m}$ の間隔で周期的に形成されている。実装基板 501 に対応し、電極分割数は 5 である。尚、個別要素自体としての半導体レーザ部、光変調器、光分波器などは通例の構成で充分である。従って、それらの詳細説明は省略する。

【 0 0 2 7 】

図 3 (c) は上記高周波実装基板上に、上記光集積素子をジャンクションダウン実装することにより、進行波型電極を有する光送信装置を形成した構造を表す。高周波基板、光集積素子両者は、電極を有する各々の表面を突き合わせ、赤外

線透過を用いた画像認識技術を用いて両者のインデクスマーカが重なるように実装する。こうして、上記光変調素子各部の電極562が、高周波基板上の対応する電極504、高周波線路502に、金錫半田を介して固着される。この結果、分布帰還型半導体レーザ551と高周波線路502上に周期的に容量成分を有する変調器構造が配置されたいわゆるキャパシティブローデッド構造を持つ干渉型変調器の集積構造が自動的に形成された。尚、図3の(c)において、符号573は出射される変調光、符号571は電流源、符号572は変調器用の駆動信号を示す。

【 0 0 2 8 】

キャパシティブローデッド構造のインピーダンスマッチングに関する設計法および半導体チップの特性にマッチした高周波基板上を選択して組み立てることについては、実施の形態1と基本的に同様である。従って、その詳細説明は割愛する。

【 0 0 2 9 】

本実施の形態では、実施の形態1で述べた特徴に加え、半導体レーザの高出力化、高信頼化に有利なジャンクションダウン実装を同時に実現できる特長が加わる。この結果、完成した光送信装置に電流源571を接続し、100mAにて順方向通電することにより波長 $1.552\mu\text{m}$ にて5mWの無変調出力出力を確認した。この状態で、変調速度毎秒40ギガビット、振幅電圧2V_{pp}の変調器駆動信号572を高周波線路502に印加することにより、立ち上がり、立ち下り時間12ps以下、消光比12dB以上の良好な光変調波形を確認した。

【 0 0 3 0 】

以上本実施例は、半絶縁InP基板上に形成された $1.55\mu\text{m}$ 帯変調器集積レーザに関して説明した。しかし、本発明は $1.3\mu\text{m}$ 、 $1.6\mu\text{m}$ 波長帯への拡張や、半絶縁GaAs基板上に形成された $1.3\mu\text{m}$ 帯変調器集積レーザにも拡張可能である。この場合には、実施の形態1に示したGaAs材料系光変調器と、GaAs基板上にモノリシク集積可能な $1.3\mu\text{m}$ 帯GaInNAs材料系分布帰還型レーザを組み合わせることにより実現可能である。

< 実施の形態3 >

図4(a)～(c)は本発明による新たな光送信装置の構成を示す上面図であ

る。この例は、具体的には、実施の形態 2 に記述した光干渉型光変調器と半導体レーザのモノリシック集積光源において、光変調器を電界吸収型光変調器に置き換えた構成である。実施の形態 2 と同様に、光送信装置は、高周波実装基板〔同図 (a) 〕上に光素子〔同図 (b) 〕をジャンクションダウン実装することにより形成される〔同図 (c) 〕。

【 0 0 3 1 】

図 4 (a) に示す上記高周波実装基板の構造は、単一の導波路のみを有する電界吸収型変調器に対応するため、高周波線路 602 が単一のストリップラインとなったこと以外は実施の形態 2 と同様である。図 4 の (a) において、符号 601 は誘電体基板、602 は高周波線路、603 は端薄膜抵抗、604 は錫半田、605 は地ライン、606 は地用ビアホール、607 は錫半田、608 は錫半田、609 は一ザ駆動電極端子、610 は位置決め用インデクスマーカ、611 は錫半田である。

【 0 0 3 2 】

図 4 (b) に示す集積型光源は、半絶縁性 InP 基板 650 上に形成され、半導体レーザ 651 は回折格子 653 を内蔵した動作波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯の InGaAsP 材料の多重量子井戸分布帰還型レーザである。一方、導波路型光変調器 652 は、InGaAsP 材料の多重量子井戸構造を有する電界吸収型光変調器である。上記半導体レーザ部は、p 型電極 654 と n 型電極 655 を有する。上記光変調器部は、図 4 (b) において、663 は光素子側接地線路、664 は位置決め用インデクスマーカである。光変調器の導波路上部には、 $a = 50 \mu\text{m}$ 長の変調器分割電極 662 が、 $\Lambda = 100 \mu\text{m}$ の間隔で周期的に形成されている。実装基板に対応し、電極分割数は 4 である。

【 0 0 3 3 】

図 4 (c) は上記高周波基板上に、上記光集積素子をジャンクションダウン実装することにより、進行波型電極を有する光送信装置を形成した構造を表す。高周波基板、光集積素子両者は、電極を有する各々の表面を突き合わせ、赤外線透過を用いた画像認識技術を用いて両者のインデクスマーカが重なるように実装すると、上記光変調素子各部の電極 662 が、高周波基板上の対応する電極、高周波線路に、金錫半田を介して固着される。この結果、分布帰還型半導体レーザと高周波線路上に周期的に容量成分を有する変調器構造が配置されたいわゆるキャパ

シティブローデッド構造を持つ電界吸収型光変調器の集積構造が自動的に形成された。尚、図4の(c)の符号671は電流源、672は変調器駆動信号源である。

【0034】

キャパシティブローデッド構造のインピーダンスマッチングに関する、定量設計に関しては実施の形態1に既述であるため、ここでは割愛する。本実施の形態では、実施の形態1で述べた特徴に加え、半導体レーザの高出力化、高信頼化に有利なジャンクションダウン実装を同時に実現できる特長が加わる。

【0035】

この結果、完成した光送信装置に電流源671を接続し、100mAにて順方向通電することにより波長 $1.552\mu\text{m}$ にて10mWの無変調出力出力を確認した。この状態で、変調速度毎秒40ギガビット、振幅電圧 $2V_{pp}$ の変調器駆動信号672を高周波線路602に印可することにより、立ち上がり、立ち下り時間12ps以下、消光比12dB以上の良好な光変調波形が得られることを確認した。

＜実施の形態4＞

図5(a)～(c)は本発明による新たな光送信装置の構成を示す上面図である。具体的には、実施の形態3に記述した電界吸収型光変調器と半導体レーザのモノリシック集積光源において、進行波電極の構造に改良を施した構成である。実施の形態2と同様に、光送信装置は、高周波基板[同図(a)]上に光素子[同図(b)]をジャンクションダウン実装することにより形成される[同図(c)]。

【0036】

図5(a)、(b)にそれぞれ示す上記高周波基板、集積型光源の構造は、光変調器の上部電極762が分割されていない点を除き実施の形態3と同様である。各図において、符号701は誘電体基板、702は高周波線路、703は終端薄膜抵抗、704は金錫半田、705は接地ライン、706は接地用ビアホール、707は金錫半田、708は金錫半田、709はレーザ駆動電極端子、710は位置決め用インデクスマーカ、711は金錫半田、750は半絶縁性InP基板、751は半導体レーザ部、752は導波路型光変調器部、753は回折格子、754はp型電極、755はn型電極、762は変調器電極、763は光変調器側接地線路、764は位置決め用インデクスマーカである。実装された

後の上面図、図 5 の (c) に電流源 771、変調器駆動信号 772、変調光信号 773 が示される。

【 0 0 3 7 】

前述のように進行波型半導体導波路では電極が分割されていない非キャパシティブローデッド構造では、完全なインピーダンスマッチングを得ることが困難である。このため、光導波路、高周波線路をそれぞれ並走する光信号、電気信号は進行距離の拡大に伴いその速度差による信号到達距離に顕著な差が現れる。幸いなことに電界吸収型光変調器では、各信号の進行距離となる変調器長が $200\mu\text{m}$ 程度と短いため、実施の形態 1、2 で説明した変調器の長い光干渉型変調器に比べてインピーダンスミスマッチングによる高速特性の劣化を押さえることができる。

【 0 0 3 8 】

この結果、完成した光送信装置に電流源 771 を接続し、 80mA にて順方向通電することにより波長 $1.31\mu\text{m}$ にて 10mW の無変調出力出力を確認した。この状態で、変調速度毎秒 40 ギガビット、振幅電圧 2V_{pp} の変調器駆動信号 772 を高周波線路 702 に印可することにより、立ち上がり、立ち下り時間 12ps 以下、消光比 12dB 以上の良好な光変調波形を確認した。

< 実施の形態 5 >

図 6 (a) ~ (c) は本発明による光受信装置の構成を示す上面図である。具体的には、波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯又は $1.55\mu\text{m}$ 帯で動作する導波路型光検出器の構造および作製手法を示したものである。図に示すように、光送信装置は、高周波実装基板 [同図 (a)] 上に半導体光素子 [同図 (b)] をジャンクションダウン実装することにより形成される [同図 (c)] 。

【 0 0 3 9 】

図 6 (a) に示す高周波実装基板は窒化アルミニウム材料からなる誘電体基板 801 上に高周波線路 802、一対の接地ライン 803、接地用ビアホール 804 がそれぞれ形成された構造である。高周波線路 802 は、Ti、Mo、Ni、Au の多層薄膜で形成されその総厚は $5\mu\text{m}$ である。接地ライン 803 上には後に図 6 の (b) の光素子を実装・固着する際に用いる金錫半田 807 が形成されている。又、高周波線路 802 の光

素子搭載部には後述の光素子の分割電極に給電するための金錫半田806が $\Lambda = 50 \mu\text{m}$ の間隔で周期的に形成されている。電極分割は片側で5ヶである。尚、符号808は光素子の実装時に用いる位置決め用インデクスマーカである。高周波線路802は大きく分けて、光素子搭載部821、電気出力部822からなる。実施の形態1と同様に各部位の特性インピーダンスはそれぞれ、 76Ω 、 50Ω に予め設定してある。

【 0 0 4 0 】

図6 (b) に示す光素子は、半絶縁性InP850基板上に形成された導波路型光検出器856である。本実施の形態では、光導波路の構造は実施の形態1に説明した構造と同様な、いわゆるリブ装荷型である。所定の基板の上部に、能動層領域を形成する、例えばp i n接合を有する半導体光受光素子が形成される。例えば、I I I - V族化合物半導体受光素子である。こうした導波路型光検出器自体は通例の構造で十分であるので、その詳細説明は省略する。以下の例でも同様である。

【 0 0 4 1 】

図6 (b) において、851は光導波路、852は光検出器の分割電極、853は一对の光素子側接地線路、854は位置決め用インデクスマーカである。又、外部から入射される光信号の取り込み効率を増大させる目的から、光導波路851の入射端にスポット拡大導波路855を導入している。スポット拡大導波路自体はこれまで知られたもので充分である。光導波路851は波長 $1.3 \mu\text{m}$ 帯又は $1.55 \mu\text{m}$ 帯の信号光に対し透明な半導体で構成される。一方、光検出器分割電極852の下部では、信号光を吸収する半導体で構成される。光導波路上部には、 $a = 30 \mu\text{m}$ 長の変調器分割電極852が、 $\Lambda = 50 \mu\text{m}$ の間隔で周期的に形成されている。実装基板に対応し、電極分割数は5である。

【 0 0 4 2 】

図6 (c) は上記高周波実装基板上に、上記光変調素子をジャンクションダウン実装することにより、進行波型電極を有する光送信装置の主要部を形成した構造を表す。高周波実装基板、光素子両者は、電極を有する各々の表面を突き合わせ、赤外線透過を用いた画像認識技術を用いて両者のインデクスマーカが互いに重なるように実装すると、上記光検出素子の分割電極852が、高周波実装基板上

の高周波線路802上に、金錫半田806を介して固着される。ここで、光変調素子の接着強度と接地強化の目的から接地ライン803上の金錫半田807が同時に用いられる。この結果、高周波線路802上に周期的に容量成分を有する変調器構造が配置されたいわゆるキャパシティブローデッド構造が形成できる。

【 0 0 4 3 】

キャパシティブローデッド構造のインピーダンスマッチングに関する、定量設計に関しては実施の形態1とほぼ同様な設計値であるため、ここでは割愛する。

【 0 0 4 4 】

完成した進行波型電極を有する光検出器に-5Vの直流バイアスを印加した状態で速度毎秒40ギガビットで高速変調された波長 $1.55\mu\text{m}$ の入射光871を導き、同一速度の電気信号872を得た。このように、本発明は光変調器のみならず、光検出素子にも適用可能である。又、この他の光能動・受動素子の高速動作を同様な概念で向上させることが可能である点は当業者には自明であろう。

<実施の形態6>

本発明では高周波電気線路を有する実装基板と予め高周波設計を施した半導体光素子とを別個に作製し、半田材料を介して実装基板と上記半導体光素子の駆動電極をジャンクションダウン実装することにより、実装基板上の高周波電気線路が等価的に半導体光素子の進行波型電極となる構成としている。このジャンクションダウン実装を用いることで、従来のモノリシック型集積素子では対応が困難であった光源や高周波半導体光素子を電氣的に駆動・制御するための電子素子等をハイブリッド集積化することが可能となる。図7、図8、図9は本発明によるハイブリッド集積を用いた光送受信装置の構成を示す上面図である。

【 0 0 4 5 】

図7(a)～(c)は、実施の形態2に記述した波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯で動作する導波路型光変調器とレーザ光源となる半導体レーザのモノリシック集積素子を本発明によるハイブリッド集積用いて実現した構成を示す上面図である。

【 0 0 4 6 】

図7(a)に示す高周波実装基板は窒化アルミニウム材料からなる誘電体基板901を用いて作製されており光変調器の搭載部931の構成は実施の形態1に記述の

ものと同一である。実施の形態 1 と異なる点は半導体レーザ搭載部 932 が同一の誘電体基板 901 上に形成された点である。光変調器搭載部 931 と同様に、位置決め用インデクスマーカ 910 を有し、レーザ設置電極部 908 とレーザ駆動電極部 909 が形成されている。後述する光素子端面間の光反射を低減する目的で、光変調器と半導体レーザの実装部は 7 度の斜め搭載構造としている。尚、図 7 の (a) において、符号 902 は高周波線路、903 は終端薄膜抵抗、904 は金錫半田、905 は接地ライン、906 は接地用ビアホール、907 は金錫半田、908 は金錫半田、909 はレーザ駆動電極端子、910 は位置決め用インデクスマーカ、911 は金錫半田、931 は光変調器搭載部、932 は半導体レーザ搭載部である。

【 0 0 4 7 】

図 7 (b) に示す光変調器 971 は、光変調器は実施の形態 1 と同様の構成であり、半絶縁性 GaAs 960 基板上に形成されている。同図に示す半導体レーザ 972 は n 型 InP 基板上に形成され、回折格子 953 を内蔵した動作波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯の InGaAsP 材料の多重量子井戸分布帰還型レーザである。光変調器 971 と半導体レーザ 972 間の光結合効率を向上させる目的から、スポット拡大導波路 965 を両者の入出力端部に導入している。図 7 の (b) において、952 は n 型 InP 基板、953 は回折格子、954 は p 型電極、955 は n 型電極、960 は半絶縁性 GaAs 基板、961 は合分波器、962 は変調器分割電極、963 は光変調器側接地線路、964 は位置決め用インデクスマーカである。

【 0 0 4 8 】

図 7 (c) は上記高周波実装基板上に、上記の光変調器 971 と半導体レーザ 972 をジャンクションダウン実装することにより、光源となる半導体レーザと進行波型電極を有する光変調器からなる光送信装置の主要部を形成した構造を表す。高周波実装基板、光素子両者は、電極を有する各々の表面を突き合わせ、赤外線透過を用いた画像認識技術を用いて両者のインデクスマーカが互いに重なるように実装すると、上記光変調素子の分割電極 962 が、高周波実装基板上の高周波線路 902 上に、金錫半田 904 を介して固着される。ここで、光変調素子の接着強度と接地強化の目的から接地ライン 905 上の金錫半田 907 が同時に用いられる。同様に上記半導体レーザもジャンクションダウン実装される。本構成の場合、基板材料の

異なる超高速光要素部品を簡易な手法で集積化できる。図において、符号981は電流源、982は変調器駆動信号、983は変調光信号を示す。

【 0 0 4 9 】

完成した光送信装置に電流源981を接続し120mAにて順方向通電することにより波長 $1.55\mu\text{m}$ にて10mWの無変調出力出力を確認した。この状態で、変調速度毎秒40ギガビット、振幅電圧2V_{p p}の変調器駆動信号972を高周波線路902に印可することにより、立ち上がり、立ち下り時間12ps以下、消光比12dB以上の良好な光変調波形を確認した。

<実施の形態7>

図8(a)～(c)は実施の形態2に記述した波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯で動作する導波路型光変調器とレーザ光源となる半導体レーザのモノリシック集積素子と前記導波路型光変調器のドライバ回路を本発明によるハイブリッド集積用いて一体化した送信装置の主要部の構成を示す上面図である。図8の(a)は実装基板、(b)はその左側が光集積素子部、右側が光変調器のドライバー部、(c)は実装がなされた光送信装置の各上面図である。

【 0 0 5 0 】

図8(a)に示す高周波実装基板は窒化アルミニウム材料からなる誘電体基板1001を用いて作製されており同図上部の導波路型光変調器と半導体レーザ光源とのモノリシック光集積素子1050の搭載部1030の構成は実施の形態2に記述のものと同一である。実施の形態2と異なる点は光変調器のドライバ回路1051搭載用パターンが同一の誘電体基板1001上に形成された点である。光変調器搭載部1030と同様に、位置決め用インデクスマーカ1010を有し、ドライバ固定用端子部1020と電気入力部1023が形成されている。

【 0 0 5 1 】

図8(b)に示す導波路型光変調器と半導体レーザ光源とのモノリシック集積素子1050は実施の形態2と同様の構成であり、半絶縁性InP基板上に形成されている。同図に示す光変調器ドライバ回路1051は同様に半絶縁性InP上に形成されたヘテロバイポーラトランジスタで構成されている。図において、符号1050は半絶縁性InP基板、1051は半絶縁性InP基板、1053は回折格子、1054はp型電極、105

5はn型電極、1062は変調器用の分割された電極、1063は光変調器側接地線路、1064は位置決め用インデクスマーカ、1071はヘテロバイポーラトランジスタ、1072は接着部、1073は位置決め用インデクスマーカである。

【 0 0 5 2 】

図 8 (c) は上記高周波実装基板上に、上記のモノリシック光集積素子1050とドライバ回路1051をジャンクションダウン実装することにより、光源となる半導体レーザと進行波型電極を有する光変調器とその駆動回路とからなる光送信装置の主要部を形成した構造を表す。高周波実装基板と実装する素子両者を、電極を有する各々の表面を突き合わせ、赤外線透過を用いた画像認識技術を用いて両者のインデクスマーカが互いに重なるように実装すると、上記光・電子素子の電極が、対応する高周波実装基板上の高周波線路に、金錫半田を介して固着される。本構成の場合、モノリシック光集積素子1050とドライバ回路1051とは同じ半絶縁性InP基板に形成されるため、基本的にモノリシック集積化は可能である。しかし、電子デバイスのチップサイズが通常の光デバイスに比べて数倍大きいことによる寸法ミスマッチに加え、特に光・電子集積化による作製歩留まりの低下が大きな問題となることが予想される。例えば現状の超高速光素子、電子素子の歩留まりはそれぞれ50%程度の状況下でこれらをモノリシック集積化すると総合歩留まりはそれぞれの歩留まりの積である25%程度に低下してしまう。本発明によるハイブリッド集積では、実装前に予め光素子、電子素子の良品選別が可能であるため集積化に伴う作製歩留まりの低下は必然的に回避することができる。尚、図において、符号1081は電流源、1082は変調器ドライバ入力信号、1083は射出される変調光信号を示す。

【 0 0 5 3 】

完成した光送信装置に電流源1081を接続し80mAにて順方向通電することにより波長 $1.55\mu\text{m}$ にて10mWの無変調出力出力を確認した。この状態で、変調速度毎秒40ギガビット、振幅電圧400mV p p の変調器ドライバ入力信号1082をドライバ入力線路1023に印可することにより、立ち上がり、立ち下り時間10ps以下、消光比12dB以上の良好な光変調波形を得ることができる。

<実施の形態 8>

図 9 の (a) ~ (c) は本発明の光受信装置の構成を示す上面図である。具体的には本発明によるハイブリッド集積法を用いて進行波型光検出器と前段増幅器を一体化した構成を示すものである。

図 9 の (a) は実装基板、(b) はその左側が光検出器部、右側が前段増幅器回路部、(c) は実装がなされた光受信装置の各上面図である。

【 0 0 5 4 】

図 9 (a) に示す高周波実装基板は窒化アルミニウム材料からなる誘電体基板 1101 を用いて作製されており同図上部に示す高速光検出器 1160 の搭載部 1130 の構成は実施の形態 5 に記述のものとほぼ同一である。実施の形態 5 と異なる点は前段増幅器回路 1161 搭載用のパターンが同一の誘電体基板 1101 上に形成された点である。高速光検出器搭載部 1130 と同様に、位置決め用インデクスマーカ 1110 を有し、前段増幅器固定用端子部 1120 と前段増幅器入力部 1123 が形成されている。尚、図において、符号 1102 は高周波線路、1103 は接地ライン、1104 は金錫半田、1106 は接地用ビアホール、1107 は金錫半田、1121 は金錫半田、1122 は光検出器出力部、1130 は光検出器搭載部、1131 は前段増幅器搭載部である。

【 0 0 5 5 】

図 9 (b) に示す高速光検出器 1160 は実施の形態 5 と同様の構成であり、半絶縁性 InP 基板上に形成されている。同図に示す前段増幅器回路 1161 は同様に半絶縁性 Si 上に形成された SiGe 材料からなるヘテロバイポーラトランジスタで構成されている。尚、図において、符号 1150 は半絶縁性 InP 基板、1151 は光導波路、1152 は光検出器分割電極、1153 は光素子側接地線路、1154 は位置決め用インデクスマーカ、1155 はスポット拡大導波路、1160 は導波路型光検出器、1161 は前段増幅器、1171 はヘテロバイポーラトランジスタ、1172 は接着部、1173 は位置決め用インデクスマーカである。

【 0 0 5 6 】

図 9 (c) は上記高周波実装基板上に、上記の高速光検出器 1160 と前段増幅器回路 1161 とをジャンクションダウン実装することにより、光受信装置の主要部を形成した構造を表す。高周波実装基板と実装する素子両者を、電極を有する各々の表面を突き合わせ、赤外線透過を用いた画像認識技術を用いて両者のインデク

スマーカが互いに重なるように実装すると、上記光・電子素子の電極が、対応する高周波実装基板上の高周波線路に、金錫半田を介して固着される。本構成の場合、上記光・電子素子の形成基板材料が異なるため、モノリシック集積化は非常に困難であり、本手法により初めて実現可能となる構成例である。本実施の形態によっても実装前に予め光素子、電子素子の良品選別が可能であるため集積化に伴う作製歩留まりの低下は必然的に回避する効果が得られる。尚、図において、符号1181は入射光、1182は光復調信号である。

【 0 0 5 7 】

完成した光受信装置に電源を接続し、波長 $1.55\mu\text{m}$ にて変調速度毎秒40ギガビット、振幅電圧 0.1mW p p の光変調信号1181を光検出器入力導波路1155に入射することにより、立ち上がり、立ち下り時間 15ps 以下、振幅電圧 100mV 以上の良好な復調波形を得ることができる。

＜実施の形態 9＞

実施の形態 1 における光送信装置の製造においては、次のような手順を取って製造がなされる。この光送信機の製造プロセスフローの一部を図 1 0 に模式的に示す。即ち、当然先ず、当該光送信装置の設計がなされる（図 1 0 の 1）。この設計に基づいて、半導体外部変調器のウエハー製造がなされる（図 1 0 の 2）。このウエハー製造プロセス終了後その付加容量値 C_{ad} を測定し（図 1 0 の 3）、所望の半導体外部変調器チップを選択する（図 1 0 の 4）。一方、高周波実装基板が製造される（図 1 0 の 5）。そして、前述の測定されている付加容量値 C_{ad} を参照しつつ（図 1 0 の 9）、この値に基づいて、最適な特性インピーダンスをもつ高周波実装基板を選択する（図 1 0 の 6）。ちなみに、実施の形態 1 においては、この特性インピーダンスは 76Ω であった。こうして、高周波実装基板に半導体外部変調器チップをジャンクションダウン実装により組み立てた（図 1 0 の 7）。こうして光送信装置が完成する（図 1 0 の 8）。

【 0 0 5 8 】

こうした手順を取るには次の状況がある。高周波実装基板における高周波線路の特性インピーダンスは高周波線路の金属パターンを形成するフォトリソグラフィ工程のマスクパターンを選択することにより、所望の値に製造することができる

。しかし、これに対し、半導体外部変調器の付加容量値は、半導体層の厚み、不純物濃度等種々のばらつき要因があり、ウエハープロセス終了後における測定と最適な高周波線路の選択が必要なためである。以上の工程を含む光送信装置製造法においては、設計値と異なる特性に製造された半導体外部変調器も不良品となることがなく、製造歩留まりが上がる利点がある。

【 0 0 5 9 】

更に、本光送信装置の製造においては半導体外部変調器の製造、高周波実装基板の製造、それらの組み立て実装、および全体の管理、設計などが別業者であってもよい。最終製品を製造する組み立て実装業者が設計、管理をおこなった場合の製造フローを図 1 1 に模式的に示す。ブロック 1 0 に設計、管理、組み立て実装業者、ブロック 1 1 に半導体外部変調器ウエハ製造業者、ブロック 1 2 に高周波実装基板の製造業者の各役割を示す。

【 0 0 6 0 】

第 1 の業者 1 0 が当該装置の設計を行う（図 1 1 の 1 3）。この情報は矢印が示すように業者 1 1 及び業者 1 2 に送付される。第 2 の業者 1 1 は半導体外部変調器ウエハを製造する（図 1 1 の 1 8）。このウエハに対して、前述の付加容量を測定する（図 1 1 の 1 9）。一方、第 3 の業者 1 2 は高周波実装基板の製造を行う（図 1 1 の 2 1）。そして、高周波線路の特性インピーダンスなどの特性を保存する。第 2 及び第 3 の業者は、第 1 の業者に付加容量のデータ、或は高周波線路の特性情報を矢印の通り送付する。第 1 の業者はこれらの諸データを比較し（図 1 1 の 1 4）、両者の最適な組み合わせを選択し（図 1 1 の 1 5）、第 2 及び第 3 の業者に矢印の通りこの旨指示する。この指示に基づいて、第 2 及び第 3 の業者は、第 1 の業者に所定の各部材を出荷する（図 1 1 の 2 0、2 3）。各部材を受け取った第 1 の業者は実装基板と光素子部の組み立てを行う（図 1 1 の 1 6）。こうして、光送信装置などが完成する（図 1 1 の 1 7）。

【 0 0 6 1 】

この場合も半導体外部変調器のウエハープロセス終了後における付加容量の測定工程、その結果にもとづく最適な特性インピーダンスをもつ高周波実装基板を選択する工程、ついで最適な組み合わせの半導体外部変調器と高周波実装基板の

組み立てをおこなうという工程を用いることにより製造歩留まりが向上することは同様である。更に、この場合特性の測定データの交換、参照をおこなうことで、半導体製造プロセス、高周波実装基板製造プロセス、組み立て実装、と技術体系の異なるプロセスを専門の業者へ必要に応じて作業を委託できるため作業効率があがる利点がある。管理、設計、半導体外部変調器の製造、高周波実装基板の製造、組み立て実装はそれぞれ異なる業者でもよく、又いくつかを同一業者が兼ねてもよいことはもちろんである。

【 0 0 6 2 】

以上本発明の諸実施の形態を説明したが、以下に本発明の主な形態をまとめて列挙する。

(1) レーザ光源と、上記レーザ光源の出力光を変調する半導体外部変調器をもつ光送信装置において、上記半導体外部変調器の母体基板とは別体の基板上に形成された高周波線路と上記の光変調器を電気駆動するための制御電極とが電氣的に接続された進行波型光変調器の構成を有することを特徴とした光送信装置。

(2) レーザ光源と、上記レーザ光源の出力光を変調する半導体外部変調器をもつ光送信装置において、上記外部変調器の能動部は所定間隔で周期的に複数個配置されており、上記半導体外部変調器の母体基板とは別体の基板上に形成された高周波線路と上記複数の能動部を電気駆動するための制御電極とが電氣的に接続された進行波型光変調器の構成を有することを特徴とした光送信装置。

(3) 光制御層への電界印加による光吸収変化を用いて光強度を変調することを特徴とする前項(1)、(2)に記載の光送信装置。

(4) 光制御層への電界印加による屈折率変化を用いて少なくとも光波の強度、周波数、位相のいずれかを変調することを特徴とする前項(1)、(2)に記載の光送信装置。

(5) 光変調器を構成する半導体基板がインジウム燐又はガリウム砒素であり、高周波線路を構成する基板が、少なくともシリコン、窒素アルミニウム、窒素硼ロン、酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ベリリウム、炭化シリコン、ダイヤモンドのいずれかであることを特徴とする前項(1)より(4)に記載の光送信装置。

(6) 半導体レーザ光源と光変調部とがモノリシック集積化されたことを特徴とする前項(1)より(5)に記載の光送信装置。

(7) 半導体レーザ光源と外部光変調器とがハイブリッド集積化されたことを特徴とする前項(1)より(5)に記載の光送信装置。

(8) 外部変調器の駆動回路が進行波型出力形態を有し、上記駆動回路の出力が上記高周波線路に電氣的に接続されたことを特徴とする前項(1)より(7)に記載の光送信装置。

(9) 上記駆動回路が前記高周波線路の形成基板上に搭載されたことを特徴とする前項(8)に記載の光送信装置。

(10) 光受信装置において、光吸収層をp型層及びn型層で挟んだ構成を有するpin型受光部が半導体基板上に配置されており且つ、上記半導体基板とは別体の基板上に形成された高周波線路と上記のpin型受光部の電気出力を検出するための制御電極とが電氣的に接続された進行波型光変調器の構成を有することを特徴とした光受信装置。

(11) 光受信装置において、光吸収層をp型層及びn型層で挟んだ構成を有するpin型受光部が所定間隔で周期的に半導体基板上に複数個配置されており且つ、上記半導体基板とは別体の基板上に形成された高周波線路と上記複数のpin型受光部の電気出力を検出するための制御電極とが電氣的に接続された進行波型光変調器の構成を有することを特徴とした光受信装置。

(12) 光受信機の前段増幅回路が進行波型入力形態を有し、上記前段増幅回路の入力部が高周波線路に電氣的に接続されたことを特徴とする前項(11)に記載の光受信装置。

(13) 上記前段増幅回路が上記高周波線路の形成基板上に搭載されたことを特徴とする前項(12)に記載の光受信装置。

(14) 半導体光素子のウエハプロセス完了後、前記半導体光素子の付加容量値を測定する工程、その値に基づいて最も適当な特性インピーダンス値をもつ高周波線路が形成された高周波実装基板を選びもしくは製造する工程、しかる後該半導体光素子と該高周波実装基板を電氣的に接続させる工程を含むことを特徴とする、前項(1)より(13)に記載の光送信装置、光受信装置又は光送受信装

置いずれかの製造法。

(15) 半導体光素子製造業者において半導体光素子のウエハープロセス完了後付加容量値を測定する工程、該半導体光素子の付加容量値のデータを高周波実装基板製造業者が所有する高周波線路の特性インピーダンスのデータと比較する工程、該半導体光素子および該半導体光素子に最も適当な特性インピーダンス値をもつ高周波実装基板を光送信装置もしくは光受信装置の組立業者に納入する工程を含むことを特徴とする前項(1)より(13)に記載の光送信装置、光受信装置又は光送受信装置いずれかの製造法。

【0063】

本項(15)の光装置の製造方法を言葉を替えれば、次のように云うことが出来る。即ち、第1の業者において半導体光素子のウエハープロセス完了後、付加容量値を測定する工程、前記半導体光素子の付加容量値のデータを第2の業者が所有する高周波線路の特性インピーダンスのデータと比較する工程、前記半導体光素子および前記半導体光素子に最も適当な特性インピーダンス値をもつ高周波実装基板を第3の業者に納入する工程、を含むことを特徴とする光装置の製造方法。

【0064】

以上詳細に説明したように、本発明では、高周波電気線路を有する高周波実装基板と予め高周波設計を施した半導体光素子とを個別に最適設計及び作製を行なうことができる。又、基板材料の異なる光・電子素子の特性を損なうことなく、これらをハイブリッド集積化することを可能とする。本発明は特に、高速の外部光変調器やこれを用いた光送信機や、高速受光素子、光受信機の好適な構造・作製手法を提供している。本発明を用いれば、素子性能、歩留まりが飛躍的に向上するだけでなく、この素子を適用した光通信システムの低価格化、大容量化、長距離化を容易に実現できる。

【0065】

【発明の効果】

本発明によれば、進行波型の光素子を用いた光送信装置、光受信装置、或は光送受信装置を高速動作を確保しつつ提供することが出来る。更には、本発明の別

な側面によると、同特性の光送信装置、光受信装置、或は光送受信装置を簡便に提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は本発明による光送信装置の一実施例の構成を示す斜視図である。

【図 2】

図 2 は図 1 の光素子実装基板と光素子の接合部の構成を示す断面図である。

【図 3】

図 3 は本発明による光送信装置の一実施例の構成を示す上面図である。

【図 4】

図 4 は本発明による光送信装置の一実施例の構成を示す上面図である。

【図 5】

図 5 は本発明による光送信装置の一実施例の構成を示す上面図である。

【図 6】

図 6 は本発明による光受信装置の一実施例の構成を示す上面図である。

【図 7】

図 7 は本発明による光送信装置の一実施例の構成を示す上面図である。

【図 8】

図 8 は本発明による光送信装置の一実施例の構成を示す上面図である。

【図 9】

図 9 は本発明による光受信装置の一実施例の構成を示す上面図である。

【図 10】

図 10 は実施の形態 1 における光送信機の製造プロセスフローの一部を示すフロー図である。

【図 11】

図 11 は最終製品を製造する組み立て実装業者が設計、管理をおこなった場合の製造フローの模式図を示すフロー図である。

【符号の説明】

101…誘電体基板、102…高周波線路、103…終端薄膜抵抗、104…接地用ビアホー

ル、105…金錫半田、106…金錫半田、107…接地ライン、108…位置決め用インデ
 クスマーカ、121…終端部、122…電気入力部、123…光素子搭載部、
 201…半絶縁性GaAs基板、202…光分波器、203…変調器分割電極、204…光素子側
 接地線路、205…位置決め用インデクスマーカ、
 301…入射光、302…変調光、303…高周波信号、
 401…半絶縁性GaAs基板、402… $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ クラッド層、403…GaAsコア層、404
 … $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ クラッド層、405…リブ導波路部、
 501…誘電体基板、502…高周波線路、503…終端薄膜抵抗、504…金錫半田、505
 …接地ライン、506…接地用ビアホール、507…金錫半田、509…レーザ駆動電極
 端子、510…位置決め用インデクスマーカ、511…金錫半田、
 550…半絶縁性InP基板、551…半導体レーザ、552…導波路型光変調器、553…回
 折格子、554…p型電極、555…n型電極、561…光分波器、562…変調器分割電極、
 563…光変調器側接地線路、564…位置決め用インデクスマーカ、
 571…電流源、572…変調器駆動信号、573…変調光信号、
 601…誘電体基板、602…高周波線路、603…終端薄膜抵抗、604…金錫半田、605
 …接地ライン、606…接地用ビアホール、607…金錫半田、608…金錫半田、609…
 レーザ駆動電極端子、610…位置決め用インデクスマーカ、611…金錫半田、
 650…半絶縁性InP基板、651…半導体レーザ、652…導波路型光変調器、653…回
 折格子、654…p型電極、655…n型電極、662…変調器分割電極、663…光変調器側
 接地線路、664…位置決め用インデクスマーカ、
 671…電流源、672…変調器駆動信号、673…変調光信号、
 701…誘電体基板、702…高周波線路、703…終端薄膜抵抗、704…金錫半田、705
 …接地ライン、706…接地用ビアホール、707…金錫半田、708…金錫半田、709…
 レーザ駆動電極端子、710…位置決め用インデクスマーカ、711…金錫半田、
 750…半絶縁性InP基板、751…半導体レーザ、752…導波路型光変調器、753…回
 折格子、754…p型電極、755…n型電極、762…変調器電極、763…光変調器側接地
 線路、764…位置決め用インデクスマーカ、
 771…電流源、772…変調器駆動信号、773…変調光信号、
 801…誘電体基板、802…高周波線路、803…接地ライン、804…接地用ビアホール

、806…金錫半田、807…金錫半田、808…位置決め用インデクスマーカ、821…光素子搭載部、822…電気出力部、

850…半絶縁性InP基板、851…光導波路、852…光検出器分割電極、853…光素子側接地線路、854…位置決め用インデクスマーカ、855…スポット拡大導波路、856…導波路型光検出器、

871…入射光、872…光復調信号、

901…誘電体基板、902…高周波線路、903…終端薄膜抵抗、904…金錫半田、905…接地ライン、906…接地用ビアホール、907…金錫半田、908…金錫半田、909…レーザ駆動電極端子、910…位置決め用インデクスマーカ、911…金錫半田、931…光変調器搭載部、932…半導体レーザ搭載部、

952…n型InP基板、953…回折格子、954…p型電極、955…n型電極、960…半絶縁性GaAs基板、961…合分波器、962…変調器分割電極、963…光変調器側接地線路、964…位置決め用インデクスマーカ、965…スポット拡大導波路、971…光変調器、972…半導体レーザ、

981…電流源、982…変調器駆動信号、983…変調光信号

1001…誘電体基板、1002…高周波線路、1003…終端薄膜抵抗、1004…金錫半田、1005…接地ライン、1006…接地用ビアホール、1007…金錫半田、1008…金錫半田、1009…レーザ駆動電極端子、1010…位置決め用インデクスマーカ、1011…金錫半田、1030…光変調器搭載部、1031…半導体レーザ搭載部、

1050…半絶縁性InP基板、1051…半絶縁性InP基板、1053…回折格子、1054…p型電極、1055…n型電極、1062…変調器分割電極、1063…光変調器側接地線路、1064…位置決め用インデクスマーカ、1071…ヘテロバイポーラトランジスタ、1072…接着部、1073…位置決め用インデクスマーカ、

1081…電流源、1082…変調器ドライバ入力信号、1083…変調光信号

1101…誘電体基板、1102…高周波線路、1103…接地ライン、1104…金錫半田、1106…接地用ビアホール、1107…金錫半田、1110…位置決め用インデクスマーカ、1120…接着部、1121…金錫半田、1122…光検出器出力部、1123…前段増幅器出力部、1130…光検出器搭載部、1131…前段増幅器搭載部、

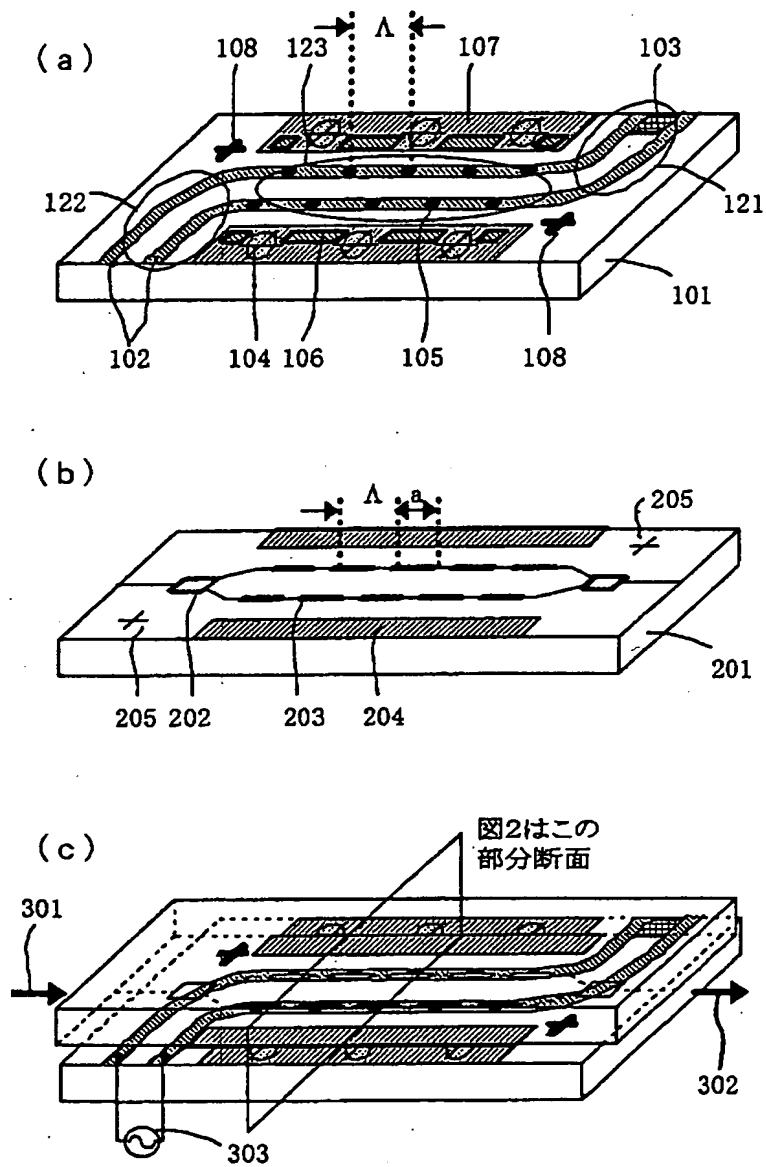
1150…半絶縁性InP基板、1151…光導波路、1152…光検出器分割電極、1153…光

素子側接地線路、1154…位置決め用インデクスマーカ、1155…スポット拡大導波路、1160…導波路型光検出器、
1161…前段増幅器、1171…ヘテロバイポーラトランジスタ、1172…接着部、1173…位置決め用インデクスマーカ、
1181…入射光、1182…光復調信号。

【書類名】 図面

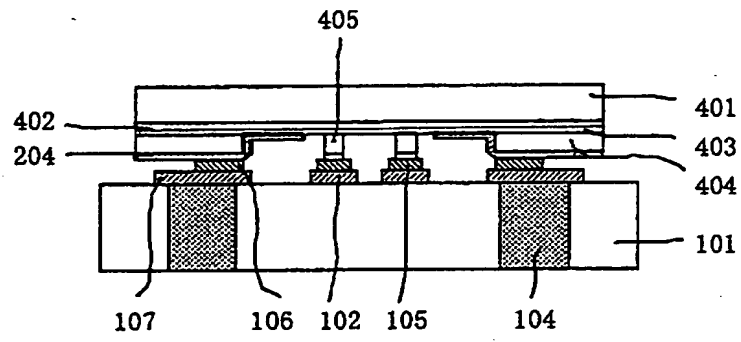
【図 1】

図 1



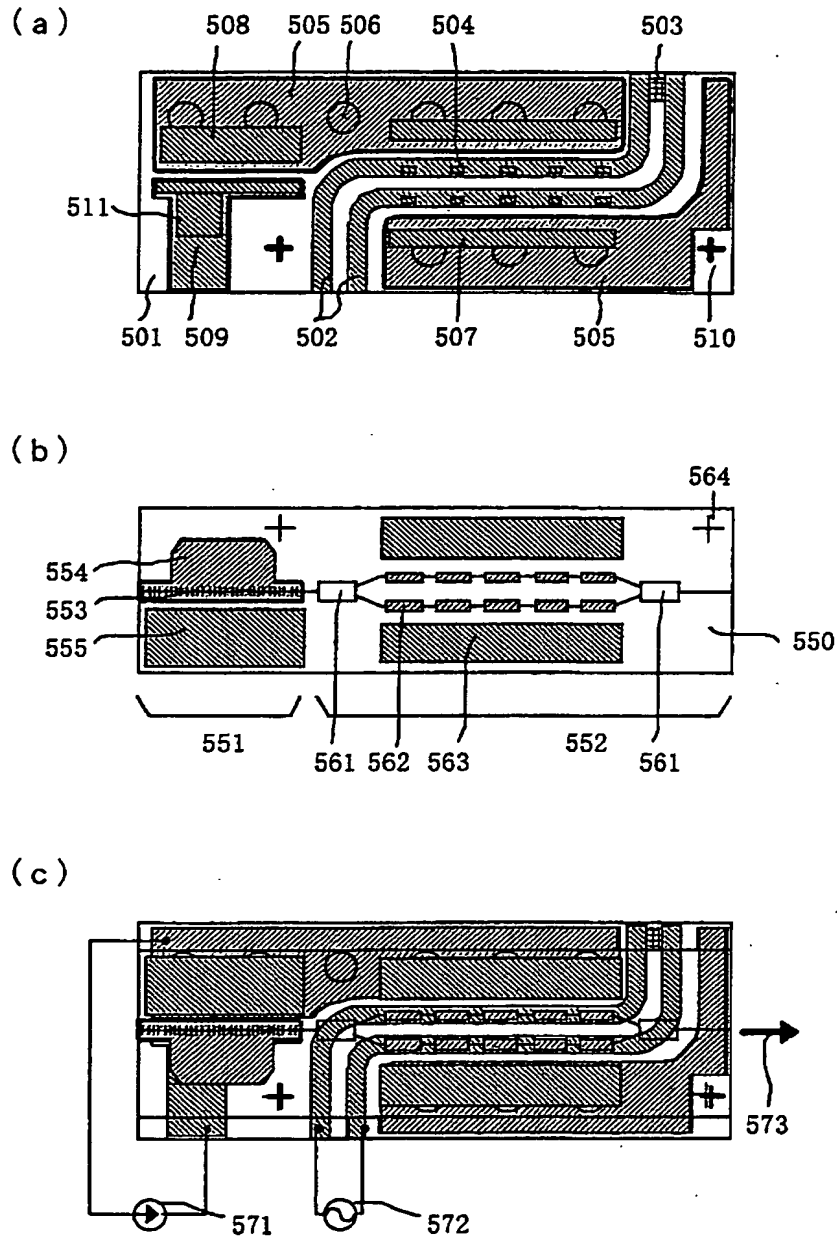
【図 2】

図 2



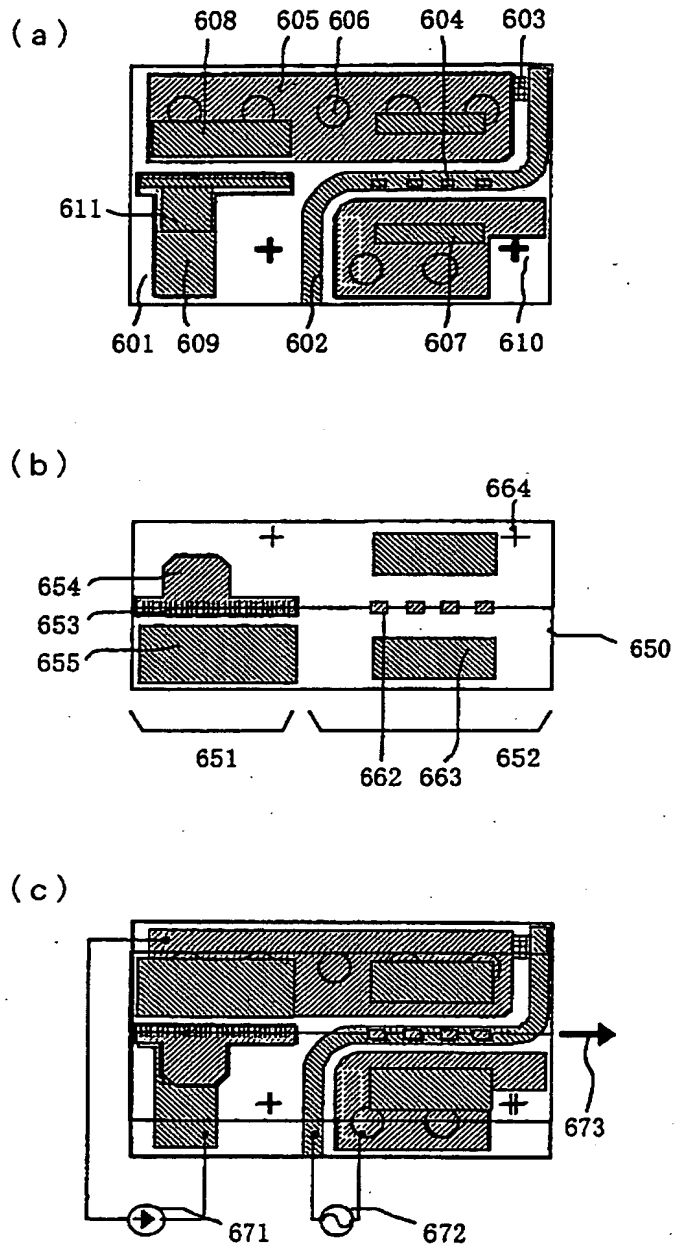
【図 3】

図 3



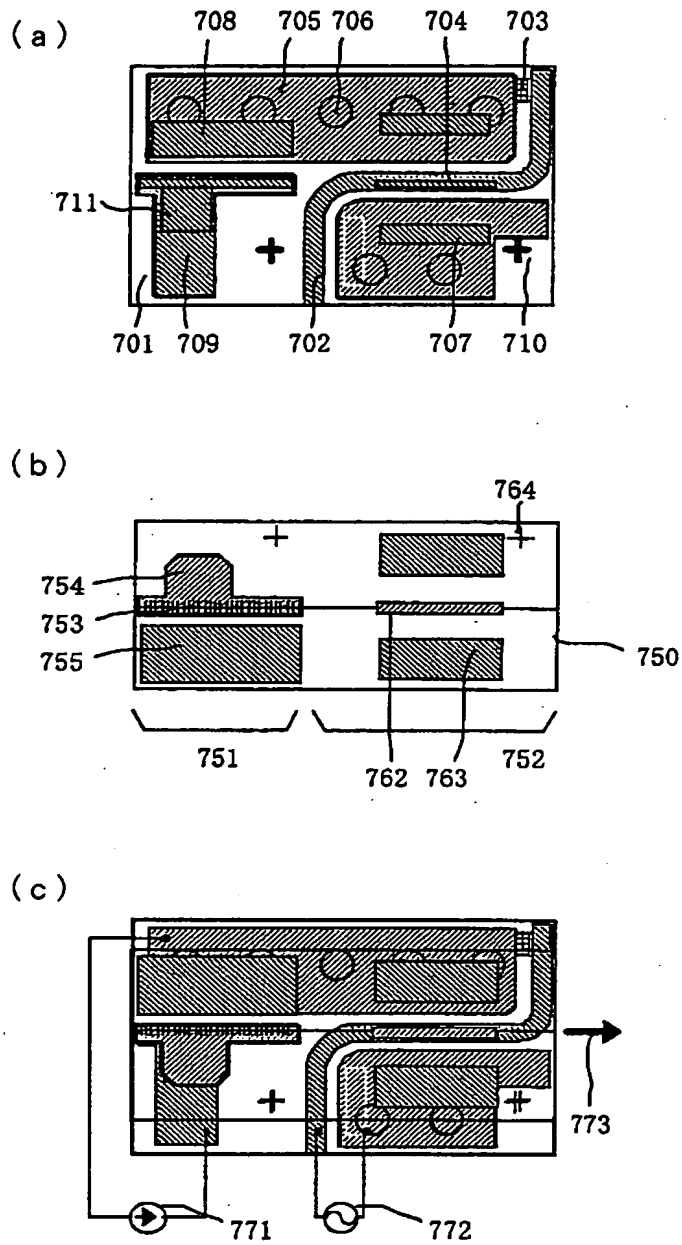
【図 4】

図 4



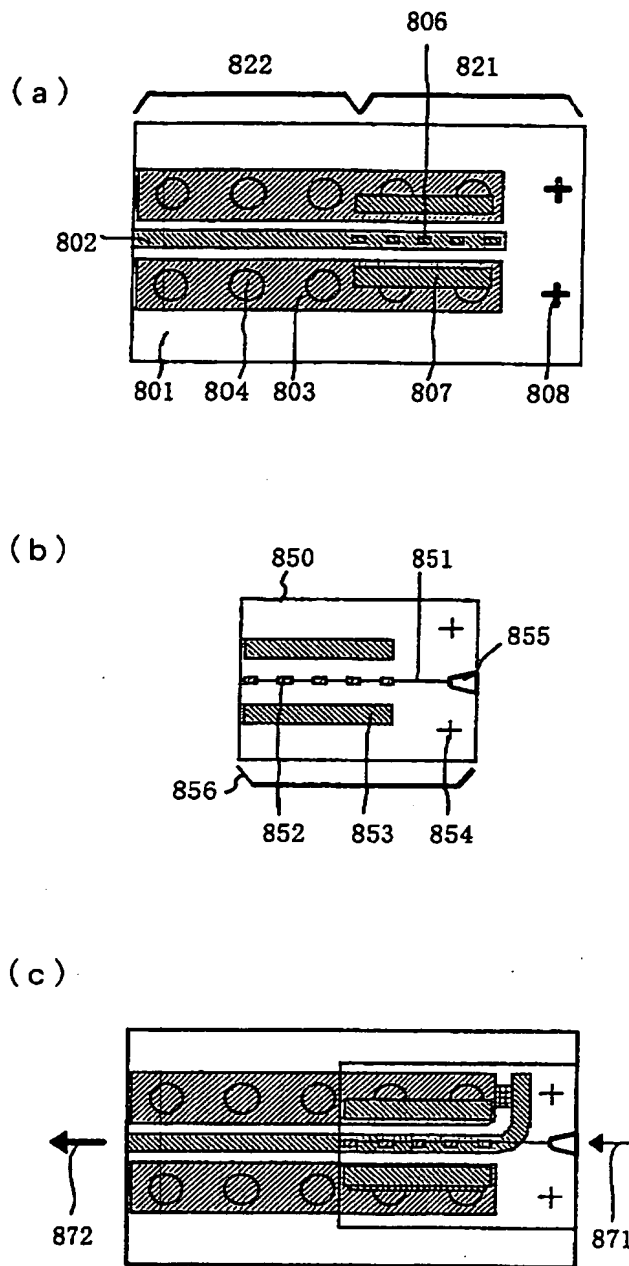
【図 5】

図 5



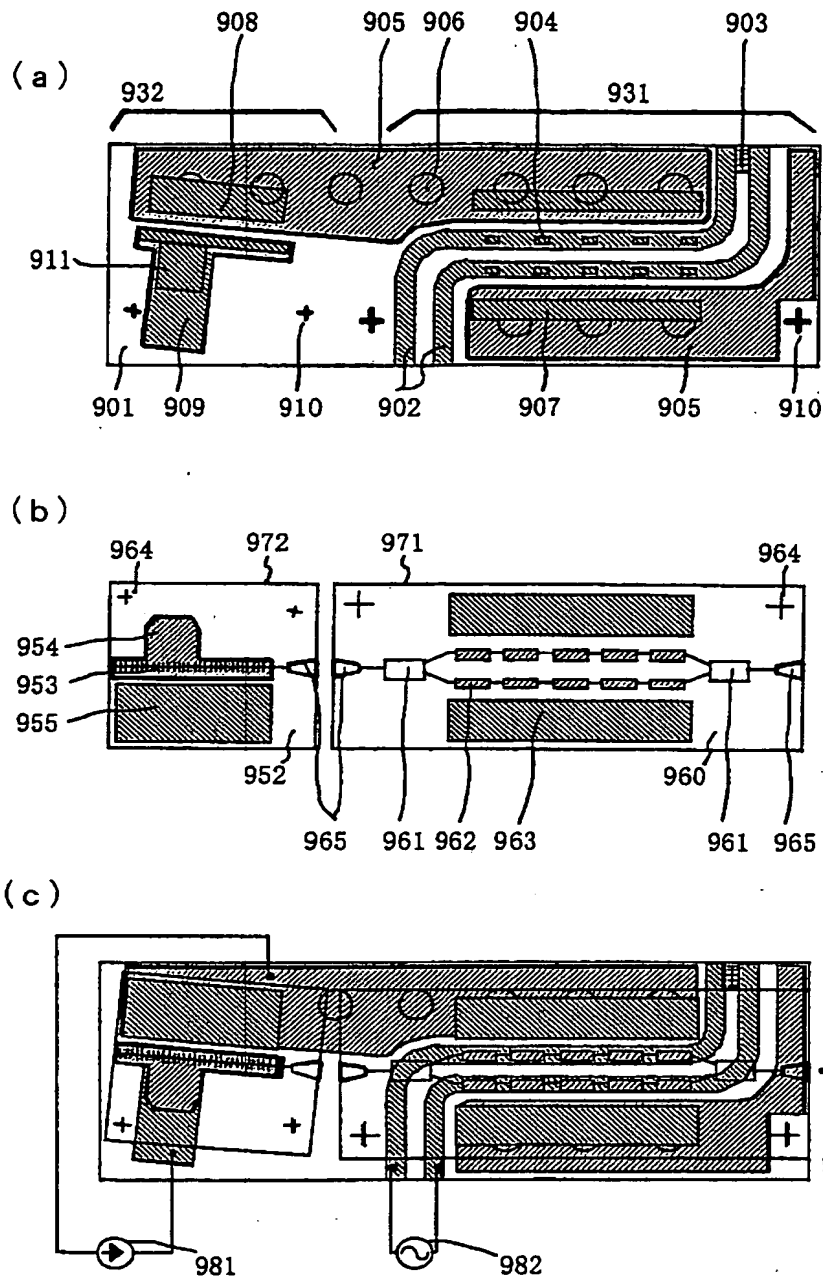
【図 6】

図 6



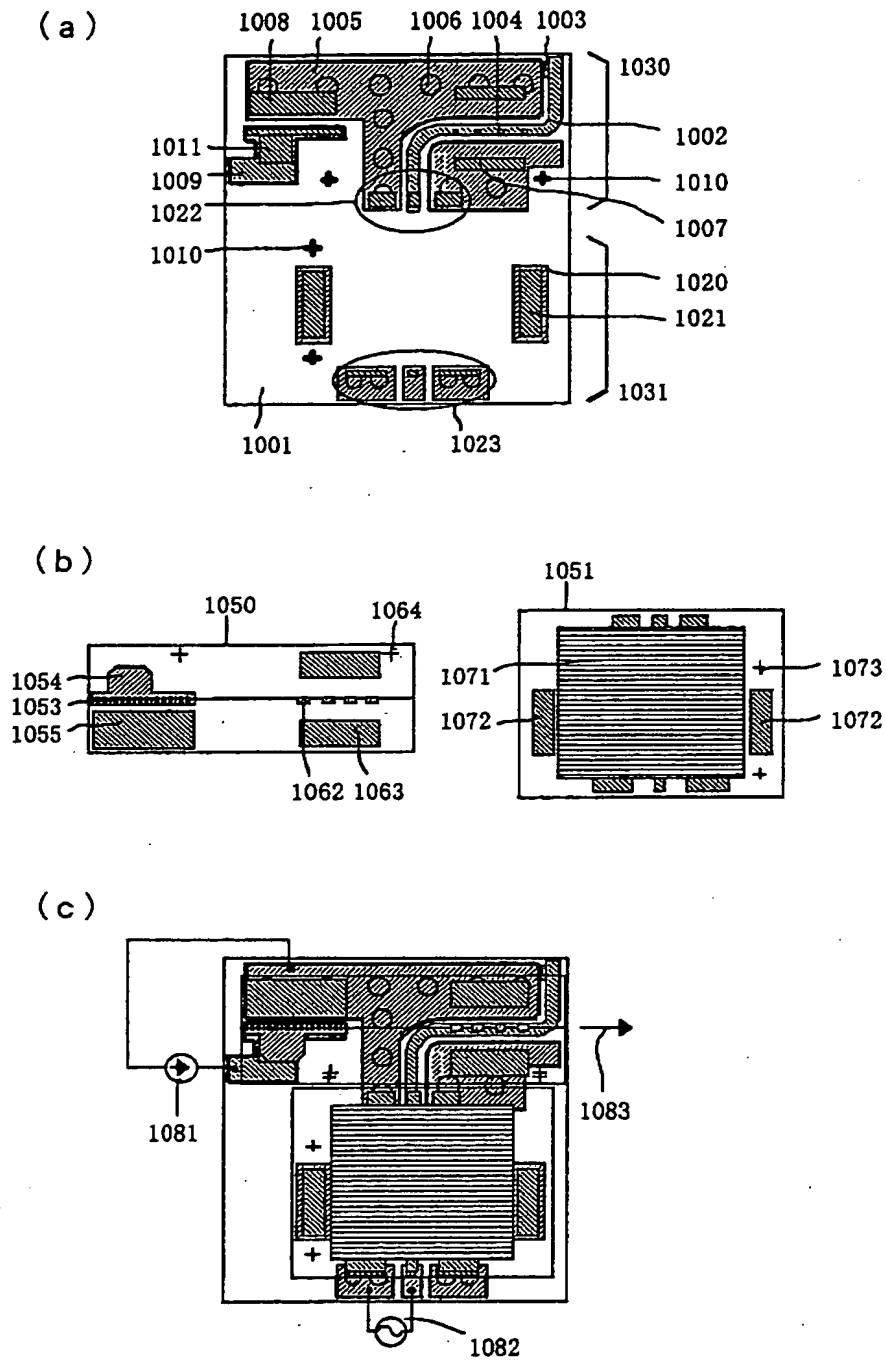
【図 7】

図 7



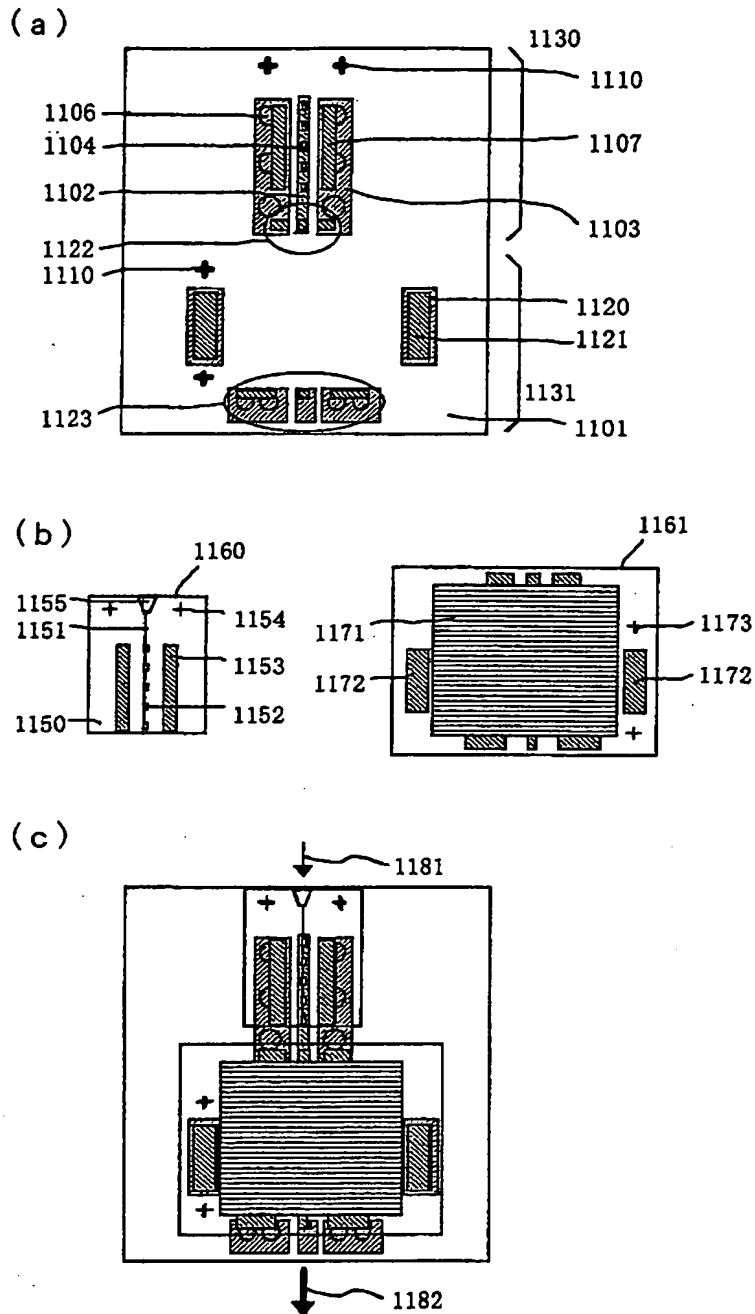
【図 8】

図 8



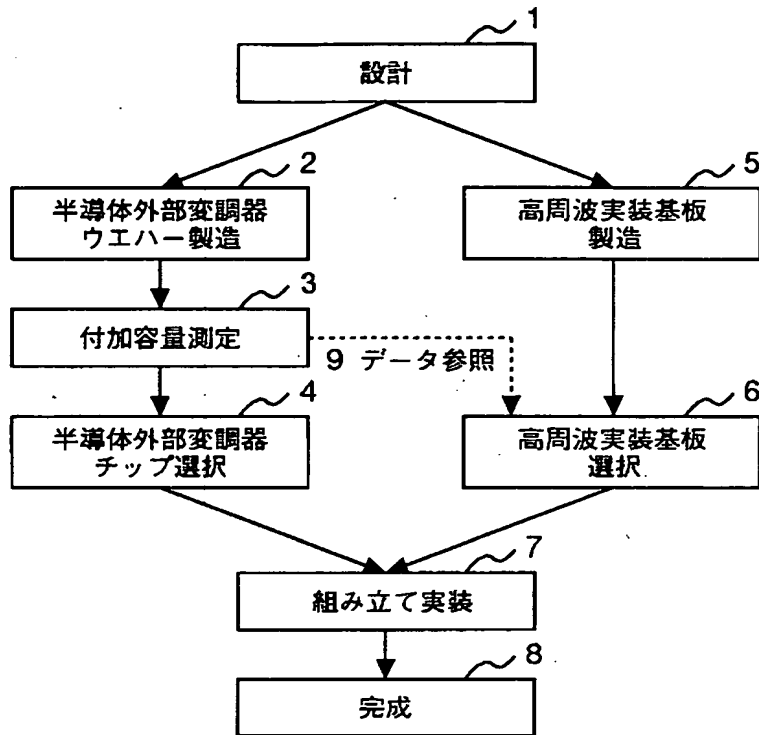
【図 9】

図 9



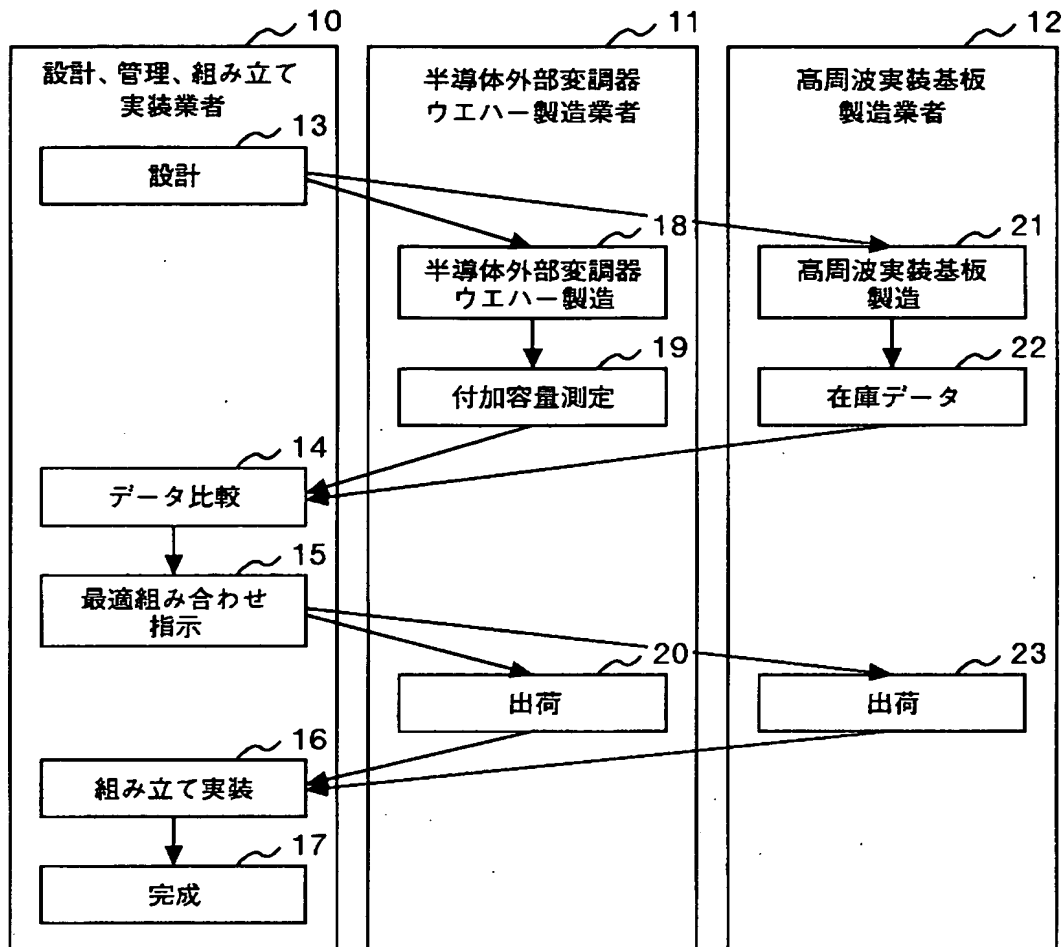
【図 10】

図 10



【図 1 1】

図 1 1



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、高速光通信システムに適した、構造が簡単で、経済的な光送受装置を実現することである。更に、本発明は、特に化合物半導体を用いた進行波型素子の動作速度の向上を容易な手法で実現することである。

【解決手段】 本発明では高周波電気線路を有する実装基板と予め高周波設計を施した半導体光素子とを別個に作製し、半田材料を介して実装基板と上記半導体光素子の駆動電極を接着実装、即ちジャンクションダウン実装して構成した。これにより、実装基板上の高周波電気線路が等価的に半導体光素子の進行波型電極となる構成とした。又、上記実装基板上には高周波半導体光素子の他、半導体レーザー等の光源や高周波半導体光素子を電氣的に駆動・制御するための電子素子もジャンクションダウン実装する構成とすることも可能である。

【選択図】 図 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所